モンテカルロシミュレーションによる固体中トリチウムのベータ線誘起X線スペクトル

Change in beta ray induced X-ray spectrum of tritium in solid by Monte Carlo simulation

*原　正憲[1]，青木　賢二郎[1]，阿蘇　司[2]
[1]富山大学，[2]富山高専

固体中にあるトリチウムのβ線により誘起されたX線を固体の外側で測定した際のスペクトルをモンテカルロシミュレーションにより計算した。この際、固体中のトリチウムの分布によりどのように変化するかも併せて計算した。

キーワード：トリチウム，β線誘起X線スペクトル，モンテカルロシミュレーション，固体中トリチウム分布

1. 緒言　トリチウムから放出されるβ線のエネルギーは小さいため、固体中のトリチウムをβ線の測定により定量する方法はない。しかし、β線と固体の構成元素との相互作用により発生するX線を検出することで固体中のトリチウムを間接的に測定できる。β線誘起のX線スペクトル（BIXスペクトル）の形状は、固体中のトリチウム量が同じでも固体中のトリチウム分布により変化する。この変化をシミュレーションにより求めることができれば、固体中のトリチウムの定量へつながると期待できる。そこで、モンテカルロシミュレーションにより固体中のトリチウムからのBIXスペクトルを計算した。併せて、トリチウム分布の変化によるBIXスペクトルの形状と強度の変化も計算した。

2. シミュレーション　モンテカルロシミュレーションにはGeant4ツールキットで構築されたスケルトンテンプレートであるGalet[1]を利用した。シミュレーションは、①固体中のトリチウムからβ線が発生、②β線が固体中で相互作用しX線（特性X線、制動X線）を発生、③Ge半導体検出器でX線の検出の流れで行われる。この際の相互作用の物理過程はPenelopeモデルを選択した。計算に用いた幾何構造として、試料は直径10 mm厚さ1 mmの円板とし、この円板の同軸上にベリリウム窓とゲルマニウムを配置した。このゲルマニウムに入射したX線のエネルギーをヒストグラムとして記録し、BIXスペクトルのシミュレーションスペクトルを得た。この際、実際の検出器のエネルギー分解能を考慮して入射エネルギーをガウス分布（σ=150eV）で分散させた。

3. 結果と考察　図1に計算したBIXスペクトルの一例を示す。計算条件は試料としてタングステン、雰囲気はアルゴンとして、表面から20 nmの深さでトリチウムを2億回壊変させた。スペクトルはタングステンとアルゴンの特性X線と幅の広い制動X線により構成されていた。トリチウムの分布を変えながらスペクトルを計算し、その変化を検討した。

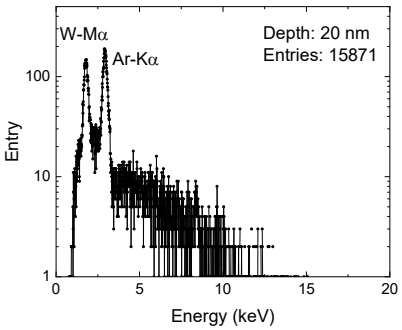

図1　BIXスペクトルの計算結果

[1] T. Aso, W. Takse, T. Sasaki, “Galet-Geant4 based application templet for primers”, Transactions on GIGAKU press, Nagaoka Univ., 6(2019)1-12.

*Masanori HARA[1], Kenjiro Aoki[1] and Tsukasa Aso[2]
[1]University of Toyama, [2]NIT. Toyama college